

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-87218

(P 2 0 0 0 - 8 7 2 1 8 A)

(43) 公開日 平成12年3月28日(2000.3.28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

C23C 14/06  
14/32

識別記号

F I

C23C 14/06  
14/32

テマコト (参考)

F 4K029  
F

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平10-257298

(22) 出願日 平成10年9月10日(1998.9.10)

(71) 出願人 000001199  
株式会社神戸製鋼所  
兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号  
(72) 発明者 山本 兼司  
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会  
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内  
(72) 発明者 佐藤 俊樹  
神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会  
社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内  
(74) 代理人 100067828  
弁理士 小谷 悦司 (外1名)

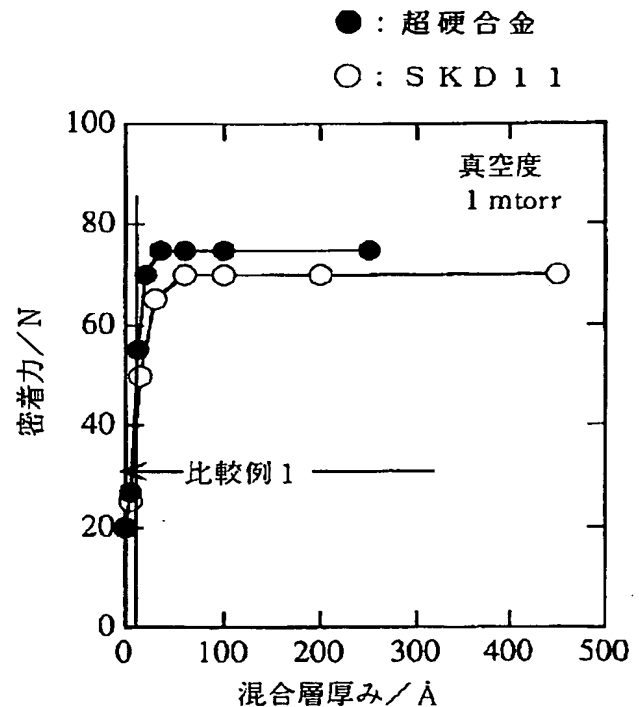
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高密着性炭素皮膜形成材及びその製法

(57) 【要約】

【課題】 金属またはセラミックからなる基材の表面に、比較的簡単な装置及び工程で高硬度・低摩擦係数のDLC膜を密着性よく形成し、摺動部材等として耐久寿命の著しく改善された硬質皮膜形成材を提供すること。

【解決手段】 金属またはセラミックからなる基材の表面に、カーボンターゲットを用いてカソード放電型アークイオンプレーティング法により非晶質炭素膜を形成すると共に、該炭素皮膜と基材の界面に、これら基材構成元素と皮膜構成元素とからなる厚さ10～500Åの混合層を形成し、高密着性非晶質炭素皮膜形成材を得る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属またはセラミックからなる基材の表面に、カーボンターゲットを用いてカソード放電型アークイオンプレーティング法により非晶質炭素膜を形成すると共に、該炭素皮膜と基材の界面に、これら基材構成元素と皮膜構成元素とからなる厚さ 10～500 Å の混合層を形成することを特徴とする高密着性非晶質炭素皮膜形成材の製法。

【請求項 2】 非晶質炭素皮膜形成時の印加電圧を -400～-5000 V、真空度を 10 m t o r r 以下に制御する請求項 1 に記載の製法。

【請求項 3】 上記非晶質炭素皮膜形成時において、基材界面から少なくとも厚さ 10 Å までは、印加電圧：-400～-5000 V、真空度：1 m t o r r 以下で皮膜形成を行い、その後は -400 V 未満の印加電圧で皮膜形成を行う請求項 1 に記載の製法。

【請求項 4】 非晶質炭素皮膜の形成に先立って、基材表面に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Fe、Si 及び Al よりなる群から選択される少なくとも 1 種の元素からなる厚さ 10～1000 Å の中間層を形成し、該中間層と非晶質炭素皮膜の界面に、それら中間層構成元素と非晶質炭素皮膜構成元素とからなる厚さ 10～500 Å の混合層を形成する請求項 1～3 のいずれかに記載の製法。

【請求項 5】 前記混合層が非晶質構造である請求項 1～4 のいずれかに記載の製法。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれかに記載の方法によって製造したものである高密着性炭素皮膜形成材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、金属もしくはセラミックスよりなる基材の表面に、高硬度で且つ低摩擦係数の非晶質炭素皮膜を形成してなる高密着性炭素皮膜形成材とその製法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 非晶質炭素膜（ダイヤモンドライクカーボン、以下、DL C 膜と略記する）は、高硬度で低摩擦係数を有していることから、摺動部材等の摺動面に該皮膜を形成することによって摩擦低減を図ることが検討されている。

【0003】 ところで DL C 膜の形成法としては、これまでメタンガスを利用したイオンビーム法やプラズマ CVD 法、或いはベンゼンガスを利用したイオンプレーティング法等が検討されてきた。ところがこれらの方法は、真空中で 0.1～1 m t o r r 程度の希薄真空中で成膜を行なうため成膜速度が遅く（高々 1 μ m / h 程度）、実作業レベルの生産に適しているとは言えない。

【0004】 そこで最近では、TiN や CrN などの窒化物の形成に多用されている成膜速度の速いカソード放電型アークイオンプレーティング法（以下、AIP 法と

いう）によって DL C 膜を形成することが検討されており、この方法によれば、皮膜形成源としてガスを用いる上記方法に比べて皮膜形成速度を 5 倍程度に高め得ることが報告されている。

【0005】 しかしながら DL C 膜は、TiN の如き従来の硬質金属窒化物に比べて基材との密着性が劣るため、密着性の向上を期して次の様な方法が検討されている。即ち、特開昭 58-213872 号、特開平 5-169459 号、同 5-311444 号などの公報には、基材上に Ti、Zr 等の炭化物を形成した後、その上に DL C 膜を形成する方法、特開昭 63-262467 号や特開平 4-45287 号公報には、中間層として Co、Ni、Cr 等の金属層を設ける方法、特開平 1-132779 号公報には、中間層として Si、炭素、酸素等の化合物層を設ける方法、特開平 5-117856 号公報には、基体表面に軟質の DL C 膜を形成した後、その上に高硬度の表面層を設ける方法、特開平 7-62541 号公報には、W や Ti と炭素の混合層を皮膜全体の 55～90% 厚みで形成した後、この上に DL C 膜を形成する方法、特開平 7-90553 号公報には、基材と硬質カーボンの界面付近に成膜後のイオン注入によって混合層を形成する方法、等が提案されている。

【0006】 上記公知技術のうち、特開昭 58-213872 号、同 63-262467 号、特開平 5-169459 号、同 5-311444 号、同 4-45287 号、同 5-117856 号等の公報には、単純に DL C 膜と基材間に中間層を形成することは記載されているが、密着性等の向上に最適の DL C 膜と中間層の構造に関する詳細な検討まではなされていない。また、特開平 7-62541 号公報には混合層に関する記述がなされているが、混合層の厚みを DL C 膜全体の膜厚の 55～90% にすることを必須の要件として定めている。しかしながら、中間層の硬さは DL C 膜よりも劣っているため、この様に混合層を厚肉にすると、硬質皮膜全体としての機械的特性はむしろ劣化してくることが予測される。また特開平 7-90553 号公報には、基材と DL C 膜との界面に混合層を設けることが記述されているが、その方法として、成膜後のイオン注入によって混合層を形成する方法を採用しているので、上層となる DL C 膜の膜厚が著しく制限されること、しかも、成膜後のイオン注入によって DL C 膜そのものが変質するという問題が生じてくる。

【0007】 また特開平 7-90553 号公報には、混合層の形成に、DL C 膜形成後のイオン注入或いは同時蒸着を採用する方法が記載されているが、前者の方法では成膜後の後処理を必須とし、後者の方法では DL C 膜蒸着源とは別に蒸着源を必要とするなど、設備的にも工程的にも複雑になる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、特に

金属またはセラミックからなる基材を対象とし、その表面に、比較的簡単な装置及び工程で高硬度・低摩擦係数のDLC膜を密着性よく形成し、摺動部材として耐久寿命の著しく改善された硬質皮膜形成材を得ることのできる方法を提供することにある。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決することのできた本発明に係る高密着性炭素皮膜形成材の製法とは、金属またはセラミックからなる基材の表面に、カーボンターゲットを用いてカソード放電型アークイオンブレーティング法（以下、AIP法と略記する）によりDLC膜を形成すると共に、該DLC膜と基材の界面に、これら基材構成元素とDLC膜構成元素とからなる厚さ10～500Åの混合層を形成するところに要旨を有している。

【0010】上記本発明の方法を実施するに当たっては、DLC膜形成時の印加電圧を-400～-5000V、真空度を10mtorr以下に制御することにより、前記混合層の厚さをより確実に規定厚さに制御することができ、或いは更に、上記DLC膜形成時ににおいて、基材界面から少なくとも厚さ10Åまでは、印加電圧：-400～-5000V、真空度：1mtorr以下で皮膜形成を行い、その後は-400V未満の印加電圧でDLC膜形成を行なえば、混合層厚さをより確実に10～500Åに制御できるので好ましい。

【0011】また、上記DLC膜の形成に先立って、基材表面に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Fe、Si及びAlよりなる群から選択される少なくとも1種の元素からなる厚さ10～1000Åの中間層を形成し、該中間層と非晶質炭素皮膜の界面に、それら中間層構成元素とDLC膜構成元素とからなる厚さ10～500Åの混合層を形成する方法を採用すれば、適正厚さの中間層と混合層の存在によってDLC膜の密着性を一段と高めることができるので好ましい。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】本発明においては、まずDLC皮膜の形成にAIP法を採用することを必須とする。

【0013】前述の如くAIP法では、イオンビーム法やプラズマCVD法に比べて成膜速度が早くて工業生産に適している。そして、DLC膜の硬度や摺動特性等は皮膜中の水素量に大きく依存することが知られているが、上記イオンビーム法やプラズマCVD法では、原料としてメタンやベンゼンなどの炭化水素ガスを使用するため皮膜内への水素の混入が避けられず、皮膜の機械的特性の制御が困難である。これに対しAIP法では、固体の炭素を蒸発源として使用するため原理的に水素を含まない皮膜の形成が可能であり、或いは、処理系内に水素或いは上記の様な炭化水素ガスを導入することで、皮膜中の水素量を自在に制御することができ、様々な機械的特性の皮膜を得ることができる。

【0014】次に、上記DLC膜形成工程で、DLC膜と基材との界面に形成されるDLC膜構成元素と基材構成元素とからなる混合層は、密着性向上の目的を果たすため肉厚を10Å以上にすることが必要である。

【0015】ちなみに、金属皮膜あるいはTiNの如くメタリックな性格を有する皮膜の場合は、基材金属との間に金属結合が生じることによって皮膜の密着性が高められる。これに対しDLC膜の場合は、皮膜そのものが化学的に不活性であるため他物質と結合し難く、基材上に単純にDLC膜を成膜しただけでは、満足のいく密着性が得られない。そこで本発明では、基体とDLC膜との界面にDLC膜構成元素と基材構成元素とからなる混合層を設けることで密着性の向上を図るものであり、該混合層による密着性向上効果を有効に発揮させるには、該混合層の厚みを10Å以上とすることが必須となる。

【0016】混合層厚さの上限は、密着性向上という観点からすると特に制限されないが、該密着性向上効果は約500Åで飽和してそれ以上の向上は望めず、却って成膜時間の延長といった不利益を招くので、500Å以下に抑えることが望ましい。密着性向上と経済性の双方を考慮してより好ましい混合層の厚さは20Å以上、更に好ましくは30Å以上で、350Å以下、より好ましくは250Å以下である。

【0017】上記混合層の形成法は、DLC膜の形成と同時に基体と同一の元素を同時蒸着する方法、DLC膜形成後にAr等の不活性ガスイオンビームにより界面をミキシングする方法、あるいは、DLC膜形成時に高エネルギーでイオンを注入する方法等を採用できる。

【0018】尚、従来技術で説明した中間層の形成法は、基本的にはTi、Crの如くDLC皮膜の主たる構成元素であるCに対し高い反応性をもった元素を使用して密着性を高める方法であるが、界面における混合層の存在は記載されておらず、単純に中間層を形成しただけでは密着性の飛躍的向上は望めない。

【0019】上記厚さの混合層を基材とDLC膜の界面にうまく形成するには、DLC膜形成時における基板への印加電圧を-400V以上、より好ましくは-500V以上で、-5000V以下、より好ましくは-3000V以下、真空度を10mtorr以下、より好ましくは5mtorr以下に設定することが望ましく、印加電圧が-400V未満では、入射するイオンのエネルギーが低いと十分な厚みの混合層が形成され難く、密着性の向上が期待できない。一方、印加電圧が-5000Vを超えると、入射するイオンのエネルギーが高過ぎるためイオンの大多数が基材内部にまで注入されてしまうため、その上にDLC膜を形成しても十分な密着性が得られなくなる。しかも入射エネルギーが高過ぎると、基体の温度上昇が著しくなってDLC膜の特性が劣化する傾向も現れてくるので、印加電圧は-5000V以下に抑えることが望ましい。

【0020】またAIP法では、ターゲットをアーク電流により一瞬のうちに蒸発・イオン化させて基材表面への成膜を行うが、真空度が10mtorrを超えると、飛来するイオン（カーボンイオン）と残留ガスやプロセスガスとの衝突によりイオンのエネルギーが減少し、基板への印加電圧を適正に制御したとしても界面ミキシング層の形成が不十分になる傾向が現れてくるので、成膜時の真空度は10mtorr以下、より好ましくは5mtorr以下にすることが望ましい。

【0021】尚、前述した如く特開平7-90553号公報には、DLC膜形成後のイオン注入あるいは同時蒸着により混合層を形成する方法が示されているが、前者の方法では成膜後の後処理を必要とし、また後者の方法では、DLC形成用の蒸着源以外に別の蒸着源を必要とするなど、装置や成膜操作が複雑且つ煩雑であるのに対し、本発明では、印加電圧と真空度を適正に制御するだけでよく、比較的簡単な装置および操作で目的を果たすことができる。

【0022】上記の様にDLC膜を形成するに当たり、更に好ましいのは、基材界面から厚さ10Å以上の範囲は印加電圧：-400～-5000V、真空度：1mtorr以下で成膜を行い、その後、印加電圧を-400V以下に抑えて成膜する方法を採用すると、DLC膜の密着性が一段と高められると共に、膜自体の硬度や摺動特性を含めた機械的特性を高めることができるので好ましい。

【0023】即ち、前述の如くDLC膜形成時の条件を、印加電圧：-400～-5000V、真空度：10mtorr以下に制御することにより、基材とDLC膜の界面に適正厚みの混合層が形成されて高密着性のDLC膜を形成できるが、成膜時の真空度を10mtorr以下に維持することの必要上、DLC膜内に水素を混入させて機械的特性を変化させようとする場合でも、系内に水素ガスやその他の炭化水素ガスを導入することができず、その様な改質が困難になる。また-400V以上の印加電圧領域では、基材の形状にもよるが、比較的小さい部材に対して長時間成膜を行う際に、基材の温度上昇が問題になることがある。

【0024】そこで、上記の様な不利益を生じることなく高密着性を確保するには、密着性の向上に最も大きな影響を及ぼす成膜初期のみを、真空度：10mtorr以下、印加電圧：-400～-5000Vの好適成膜条件を採用するのがよい。この条件で形成されるDLC膜の厚さは10～2000Åの範囲が望ましく、この範囲未満では十分な密着性が得られず、それ以上では基材の温度上昇を生じる恐れが生じてくる。

【0025】密着性に最も影響を及ぼす初期混合層を形成した後は、基板の温度上昇を生じることのない-400V未満の印加電圧で行えばよいが、印加電圧が低過ぎると、DLC膜が硬度不足になる傾向が生じてくるの

で、好ましくは印加電圧を-100～-300V程度の範囲内で制御することが望ましい。また、この時の真空度が高過ぎると、やはりイオンのガスによる散乱が生じるため20mtorr以下に抑えるのがよい。

【0026】上記DLC膜の形成に当たっては、基体とDLC膜との間に、更にTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、Mo、W、Fe、Si及びAlよりなる群から選択される1種以上の元素からなる厚さ10Å以上の中間層を形成してやれば、DLC膜の密着力を更に向上させることができるので好ましい。

【0027】尚これらの元素を中間層として形成することによってDLC膜の密着性が高められることは既に公知であるが、該中間層を形成した後に、前述した方法で中間層構成元素とDLC膜構成元素との混合層を形成してやれば、DLC膜の密着性は更に向上する。該中間層の厚みは10～500Åの範囲が望ましく、それ未満の厚さでは密着性向上効果が有為に発揮されず、また500Åを超えて中間層を厚くしてもそれ以上の密着力向上効果は得られず、むしろ皮膜全体の硬度が低下するなどの不利益が生じてくる。該中間層のより好ましい厚さは20Å以上、更に好ましくは30Å以上で、400Å以下、更に好ましくは300Å以下である。

【0028】この時、中間層とDLC膜界面に形成される混合層は、中間層構成元素と基材への印加電圧によって変わるが、やはり10Å未満では満足な密着性向上効果が得られず、またその効果は約500Åで飽和するので、それ以上に厚くすることは無駄であるばかりでなく、前記と同様にDLC膜の熱変質などを生じる恐れもでてくる。

【0029】なお、本発明においてDLC膜の下部に形成される混合層は非晶質構造であることが望ましく、その理由は次の通りである。

【0030】即ち混合層は、DLC膜の主な元素であるCと下地元素（Fe、Ti、W等）との混合物として形成されるが、該混合物が結晶質である場合と非晶質構造を有する場合についてDLC膜の密着力を比較したところ、該混合層が非晶質構造を有する場合においてより高い密着力が得られることが判明した。その理由は必ずしも明確にされた訳ではないが、DLC膜に外力が加わったときに、混合層が結晶質である場合は結晶粒の粒界から亀裂が生じ、密着力が低くなるのに対し、混合層が非晶質構造である場合は、亀裂の起点とな結晶粒界が存在しないため亀裂を生じることがなく、より高い密着性を示すものと考えている。

【0031】本発明は以上の様に構成されており、金属またはセラミックスよりなる基材の表面に良質のDLC膜を高密着性で形成できるので、例えば、切削工具、塑性加工用治具、摺動部品などの如き様々の耐摩耗性摺動部材として極めて有効に活用できる。

【0032】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明の構成と作用効果をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限されるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれる。

#### 【0033】実施例

実施例として、鏡面研磨した J I S - S K D 1 1 ( H R C 6 0 ) または超硬合金 ( 三菱マテリアル社製「U T i 2 0 T」 ) を基材として使用し、これら基材の表面に D L C 膜を形成した場合の密着力を比較した場合について説明する。

【0034】なお密着力の測定は、供試材に、先端半径  $200\mu\text{m}$  のダイヤモンドロックウエル圧子を、荷重を徐々に増加させながら押し付けてスクラッチ試験を行い、D L C 膜が剥離するときの荷重によって評価した。荷重増加速度は  $100\text{N}/\text{分}$ 、圧子の移動速度は  $10\text{mm}/\text{分}$  とした。また、混合層の厚みは T E M による断面観察によって求めた。

【0035】D L C 膜の形成にはカソード放電型アークイオンプレーティング装置を使用し、アーク電流を  $60\text{A}$  一定、基板バイアスを  $0\sim-5000\text{V}$  の範囲で変化させ、場合によっては真空度調整のためチャンバー内にメタンガスを供給しつつ成膜を行った。

【0036】また比較例として、S K D 1 1 または超硬合金 ( 同前 ) よりなる基材上に、メタンガスを原料としイオンビーム法によって D L C 膜を形成した。イオン源としてはカウフマン型イオン源を用い、膜厚は約  $1\mu\text{m}$  となる様に調整した。また同じ方法で、中間層として T i 、 W 、 C r を形成したものも作製した。

【0037】比較例の密着力を測定したところ、中間層のないものは超硬 / S K D 1 1 共に  $20\text{N}$  であり、中間層を形成したものは、中間層種類によらず  $30\text{N}$  の密着力を示した。結果を図 1 ～ 8 に示す。

【0038】図 1 : 基材として S K D 1 1 または超硬合金 ( 同前 ) を使用し、成膜時の真空度を  $1\text{mtorr}$  一定で、基板電圧を  $0\sim-10000\text{V}$  の範囲で変えることにより混合層厚みを種々変えたものについて、混合層厚み (  $\text{\AA}$  ) と密着力の関係を示している。図中、○印は基材として「S K D 1 1」を使用した場合、●は基材として「超硬合金」を使用した場合を示している。

【0039】この図からも明らかである様に、D L C 膜の基材に対する密着性は混合層厚みを  $10\text{\AA}$  以上にすることによって著しく高まることを確認できる。

【0040】図 2 : 同じく基材として S K D 1 1 ( ○ 印 ) または超硬合金 ( 同前 : ● 印 ) を使用し、成膜時の真空度を  $1\text{mtorr}$  一定で、基板電圧を  $0\sim-10000\text{V}$  の範囲で変えて混合層を形成したものについて、基板電圧 (  $\text{V}$  ) と密着力の関係を示している。

【0041】この図からも明らかである様に、D L C 膜

を成膜する際の基板電圧を  $-400\sim-5000\text{V}$  の範囲に設定することにより、基材に対する密着性は著しく高まることを確認できる。しかし、基板電圧が  $-5000\text{V}$  を超えると、基材の明らかな温度上昇が認められ、D L C 膜の形成が進まなかった。

【0042】図 3 : 同じく基材として S K D 1 1 ( ○ 印 ) または超硬合金 ( 同前 : ● 印 ) を使用し、成膜時の基板電圧を  $-1000\text{V}$  一定で、真空度を  $0.01\text{mtorr}\sim 20\text{mtorr}$  の範囲で変えて混合層を形成したものについて、真空度と密着力の関係を示している。

【0043】この図からも明らかである様に、D L C 膜を成膜する際の真空度を  $10\text{mtorr}$  以下に制御することにより、基材に対する密着性は著しく高まることを確認できる。

【0044】図 4 : 成膜の初期に基板電圧  $-1000\text{V}$  をかけて D L C 膜厚みを  $5\sim 2000\text{\AA}$  の範囲で変化させ、その上に  $-300\text{V}$  で約  $1\mu\text{m}$  の膜形成を行なったときの密着力に与える影響を調べた結果を示したグラフである。この結果から、密着力は初期の基板電圧  $-1000\text{V}$  で形成したときの膜厚に依存し、本発明によれば比較例よりも明らかに高い密着力を有していることが分かる。

【0045】図 5 ～ 8 : 成膜時の基板電圧を  $-1000\text{V}$ 、真空度を  $1\text{mtorr}$  とし、S K D 1 1 ( ○ 印 ) または超硬合金 ( 同前 : ● 印 ) よりなる基材上に、T i または W よりなる中間層を  $5\sim 2000\text{\AA}$  の範囲で形成した後、その上に D L C 膜を形成したものについて、中間層厚さと密着力の関係を図 5、6 に示している。

【0046】これらの図からも明らかである様に、中間層を形成した場合は、その厚みを  $10\text{\AA}$  以上とすることにより、比較例よりも優れた密着性が得られている。この挙動は下地層の種類には殆ど関わりなく、T i 、 W 以外に、Z r 、 H f 、 V 、 N b 、 T a 、 C r 、 M o 、 F e 、 S i 、 A l を使用した場合でも殆ど変わらないことを確認している。

【0047】また、図 7、8 は、中間層と D L C 膜の界面に形成される混合層の厚みが密着性に及ぼす影響を示したグラフであり、この場合も、混合層厚みを  $10\text{\AA}$  以上とすることにより密着性を著しく高め得ることが分かる。

【0048】また、S K D 1 1 または超硬合金よりなる基材上に、T i よりなる中間層を厚さ  $500\text{\AA}$  で形成し、その上に、基板電圧 :  $-1000\text{V}$ 、真空度 :  $1\text{mtorr}$  で D L C 膜を形成し、このときの基材温度を  $100^{\circ}\text{C}$  または  $300^{\circ}\text{C}$  に変えることにより、T i 層 - D L C 膜間に形成される混合層の結晶性と密着力の関係を調べた。

【0049】その結果、基材温度を  $100^{\circ}\text{C}$  に設定したときに形成される混合層は非晶質であり密着力は  $100\text{N}$  であったのに対し、基板温度を  $300^{\circ}\text{C}$  に設定したと

きに形成される混合層には結晶質のTiC化合物が検出され、密着力は50Nでかなり低くなることが確認された。

【0050】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、金属またはセラミックからなる基材を対象とし、その表面にカソード放電型アークイオンプレーティング法によって特定厚さの混合層を形成する方法を採用することにより、比較的簡単な装置及び工程で高硬度・低摩擦係数のDLC膜を密着性よく形成し、摺動部材として耐久寿命の著しく改善された硬質皮膜形成材を製造し得ることになった。

【図面の簡単な説明】

【図1】成膜時の真空度を一定とし、基板電圧を変えることにより混合層厚みを種々変えたものについて、混合層厚み(A)と密着力の関係を示すグラフである。

【図2】成膜時の真空度を一定とし、基板電圧を変えて混合層を形成したものについて、基板電圧(V)と密着

力の関係を示すグラフである。

【図3】成膜時の基板電圧を一定とし、真空度を変えて混合層を形成したものについて、真空度と密着力の関係を示すグラフである。

【図4】成膜の初期に高い基板電圧でDLC膜厚を形成し、その上に比較的低い基板電圧で膜形成を行なったときの密着力に与える影響を調べた結果を示すグラフである。

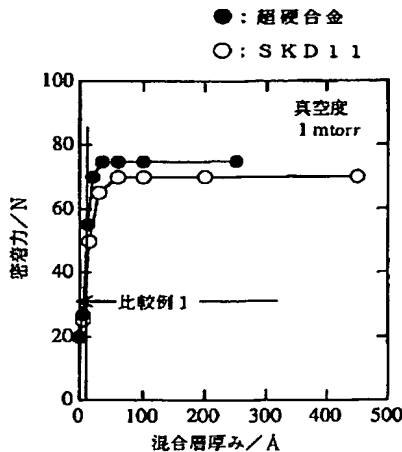
【図5】Tiよりなる中間層を形成したときの中間層厚みが密着力に与える影響を示したグラフである。

【図6】Wよりなる中間層を形成したときの中間層厚みが密着力に与える影響を示したグラフである。

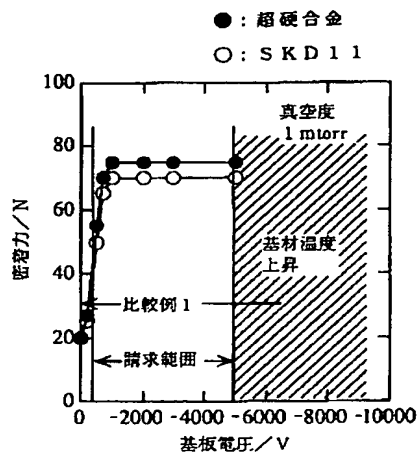
【図7】Tiよりなる中間層を形成し、その上にDLC膜を形成したときの両者の界面に形成される混合層厚みと密着力の関係を示すグラフである。

【図8】Wからなる中間層を形成し、その上にDLC膜を形成したときの両者の界面に形成される混合層厚みと密着力の関係を示すグラフである。

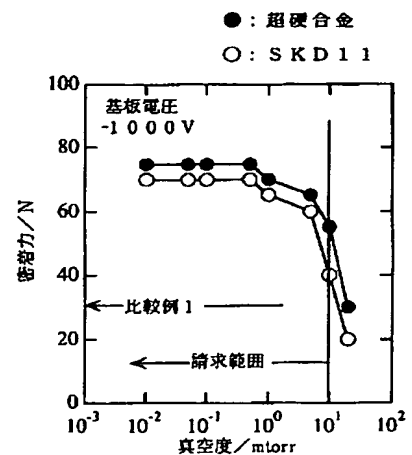
【図1】



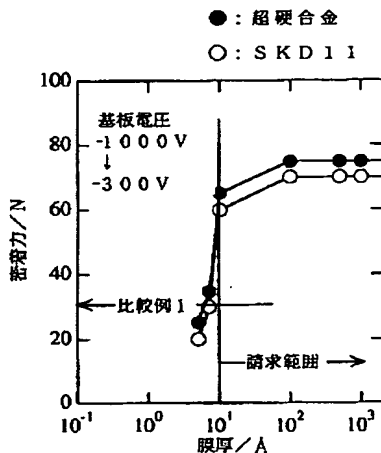
【図2】



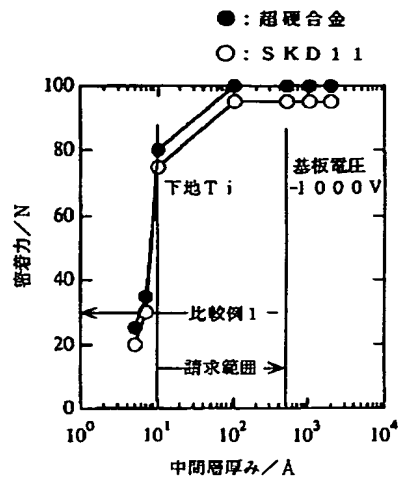
【図3】



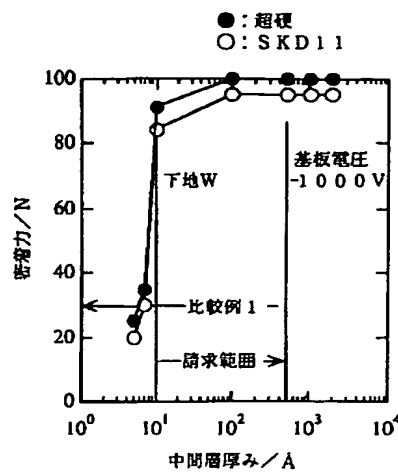
【図4】



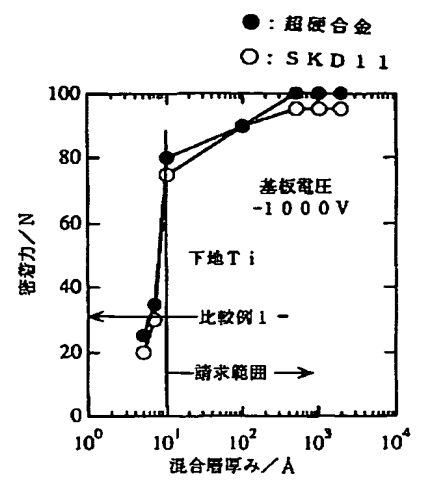
【図5】



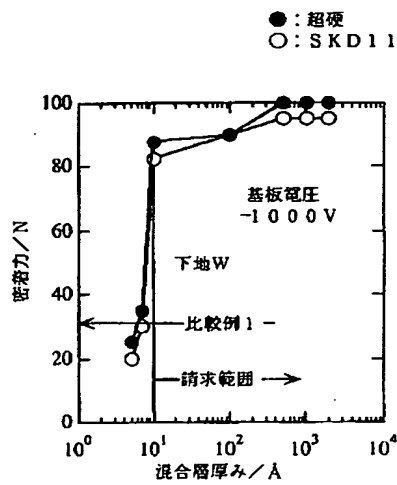
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K029 AA02 AA04 BA02 BA07 BA09  
BA11 BA16 BA17 BA34 BA35  
BA55 BA64 BB02 BB10 BC00  
CA03 DD06 EA01 EA03 EA09